

# Pengiriman Data Pengendali Beban Listrik Jinjangan Memakai PLC (*Power Line Carrier*) Berbasis Mikrokontroler AT89C51

R. Sudaryanto  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Negeri Jember Jl. Slamet  
Riyadi 62 JEMBER 68111  
sudaryanto\_2k4@yahoo.com

Hari Satriyo Basuki  
Pusat Penelitian Informatika LIPI  
Jl.Cisitu 21/154D Sangkuriang Bandung  
40135  
harisb1@informatika.lipi.go.id

## ABSTRACT

Untuk memudahkan pengendalian beban listrik, digunakan pengatur terpusat yang mengendalikan beban listrik sesuai kode masing-masing beban. Pengendalian beban listrik ini memakai dua buah PLC (*Power Line Carrier*) sebagai media utama karena data dari mikrokontroler AT89C51 dikirim melalui jala-jala listrik 1 fasa, 220V, 50 Hz. Teknik modulasi frekuensi yang dipakai akan mentransmisikan data berupa sinyal FSK (*Frequency Shift Keying*) pada frekuensi kerja tertentu.

PLM 1 (*Power Line Modem*) yang dipakai dapat mentransmisikan data dengan baik dan dapat diterima dengan baik oleh PLM 2 (*Power Line Modem*) namun PLM 2 tidak dapat men-transmisikan data.

*Kata Kunci: Transmisi Data, Mikrokontrol, PLC, PLM.*

## 1. PENDAHULUAN

Setiap instalasi listrik selalu menggunakan pengontrolan untuk mematikan atau menghidupkan beban. Setiap beban listrik memerlukan kabel penghubung ke jaringan listrik. Pengaturan beban listrik dapat memakai saklar yang akan menghubungkan atau memutuskan beban listrik dengan jaringan listrik. Bertambah banyaknya beban listrik yang harus diatur akan menambah banyak jalur distribusi antara saklar dengan beban-beban listrik tersebut.

Guna memudahkan pengendalian beban listrik, digunakan pengatur terpusat yang akan mengatur beban listrik sesuai kode masing-masing beban listrik. Dengan memanfaatkan jaringan listrik yang ada sebagai jalur komunikasi ke sejumlah beban listrik yang letaknya berjauhan, maka tidak diperlukan saluran tambahan.

Pengontrolan beban listrik yang dapat diprogram ini, akan mengatur masing-masing beban listrik melalui satu pengatur (terpusat), dan dapat dilakukan dari tempat lain (pengaturan dapat dipindah-pindah

dengan mudah) selama masih berada dalam satu jalur distribusi listrik.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

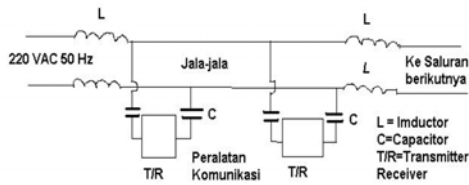
### 2.1 Perintah Jarak Jauh dengan PLC (*Power Line Carrier*)

Pembawa pada saluran daya (PLC) adalah salah satu telekomunikasi yang sinyal pembawa-nya ditumpangkan (*superposed*) pada jaringan tenaga listrik. Frekuensi sinyal / arus pembawa berbeda dengan frekuensi arus jaringan tenaga listrik, sehingga menjadikan dia jaringan rangkaian transmisi berfrekuensi tinggi.

Dalam hal ini dikenal dua cara hubungan komunikasi dengan jaringan tenaga listrik, yakni:

- PLC (*Power Line Carrier*) terhubung induktif, yaitu dengan menempatkan penghantar jaringan listrik untuk jarak tertentu;
- PLC (*Power Line Carrier*) terhubung kapasitif, yaitu menghubungkan peralatan komunikasi dengan jaringan tenaga listrik lewat kapasitor.

Kapasitor yang cukup besar akan menahan arus DC serta arus AC yang memiliki frekuensi berbeda dengan frekuensi-frekuensi pembawa peralatan komunikasi. Lihat Gambar 1



**Gambar 1 Diagram komunikasi PLC**

Pemakaian nilai C sesuai frekuensi arus jala-jala akan menyebabkan nilai  $X_c$  sangat besar sehingga arus yang mengalir ke rangkaian sangat kecil, sebaliknya bila frekuensi *Carrier* yang lewat dikarenakan nilainya yang besar, maka nilai  $X_c$  akan sangat kecil sehingga dapat melewati sinyal ke rangkaian.

Induktor merupakan transformator daya, yang menyebabkan komunikasi hanya dapat terjadi antara pemancar dan penerima dalam satu jalur jala-jala yang tidak terdapat transformator daya di antara keduanya.

Ada dua jenis hubungan dengan kapasitor:

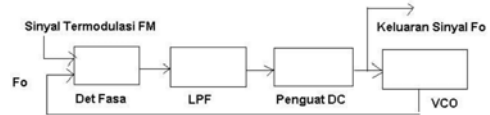
- Penghubung kapasitor jenis penala (*Tuning Type*), yaitu kapasitor merupakan bagian dari alat penala yang dihubungkan seri dengan jaringan tenaga listrik.
- Penghubung kapasitor jenis penyaring (*Filter Type*), yaitu kapasitor penggandeng merupakan jaringan berkutub 4 dan menggan-dengan peralatan komunikasi dengan jaringan tenaga listrik.

## 2.2 PLL (Phase Lock Loop)

PLL merupakan rangkaian umpan balik yang terdiri dari: detektor fasa, tapis

lulus bawah (low pass filter, LPF), penguat DC (searah), dan osilator terkemudi tegangan. Sinyal masukan *Phase Lock Loop* pada Gambar 2 diterima oleh detektor fasa, sedangkan sinyal VCO yang diumpankan kembali (*feedback*) merupakan sinyal masukan pembanding. Jika kedua sinyal masukan berselisih fasa, maka detector mengeluarkan tegangan searah (DC). Besar

tegangan ini (merupakan tegangan galat atau *error*) berbanding lurus dengan besar selisih fasa. Tegangan galat ini dikuatkan, lalu diumpankan ke VCO, guna mengemudikan VCO, agar terkunci pada frekuensi masukan.



**Gambar 2 Diagram blok PLL**

PLL kebal terhadap derau dan lebar jalurnya ditentukan oleh tapis. Padanya terdapat dua keluaran, yaitu: keluaran dari VCO, dan keluaran dari penguat. Penggunaan kedua keluaran ini tergantung pada jenis pemakaian.

## 2.3 Alat Pendeteksi Fasa

Alat pendeteksi fasa adalah pencampur yang penggunaannya dioptimalisasikan pada frekuensi-frekuensi masukan yang sama.

Alat ini disebut alat pendeteksi fasa (pembanding fasa) karena jumlah tegangan dc-nya tergantung pada sudut fasa  $\phi$  di antara sinyal sinyal masukannya. Apabila sudut fasanya berubah, maka tegangan dc-nya juga berubah.

Diperlihatkan sudut fasa di antara dua sinyal sinusoidal. Bila sinyal-sinyal ini menggerakkan alat pendeteksi fasa seperti lainnya maka akan keluar tegangan dc. Sejenis alat pendeteksi fasa memiliki tegangan keluaran dc yang berubah-ubah seperti yang tampak pada bentuk lain. Bila sudut fasa  $\phi = 0$ , tegangan DC-nya berharga maksimum. Apabila sudut fasanya naik dari  $0^\circ$  sampai  $180^\circ$ , maka tegangan DC-nya turun sampai mencapai harga minimum. Apabila  $\phi = 90^\circ$ , keluaran DC-nya ada-lah nilai rata-rata dari keluaran maksimum dan minimumnya. Jadi keluaran DC-nya turun apabi-la sudut fasanya naik. Perhatikan Gambar 2.

## 2.4 Penangkapan dan Penguncian

PLL dapat mengunci keluaran pada frekuensi masukannya bila frekuensi tersebut terletak di dalam daerah cakupan, yaitu pita frekuensi yang berpusat pada frekuensi osilasi bebas.

Frekuensi tertinggi dan frekuensi terendah dapat dikunci oleh *Phase Lock Loop* (PLL). Daerah cakupan selalu  $\leq$  daerah penguncian dan berhubungan dengan frekuensi potong dari tapis lolos rendah (*low pass filter*, LPF). Bila frekuensi potongnya lebih rendah, daerah cakupan juga lebih kecil.

## 2.5 Keluaran yang Terkunci

Sinyal masukan yang diterima mungkin lemah dan bahkan hampir hilang (*buried*) dalam derau. Meskipun demikian, sebuah PLL mungkin dapat mengunci sinyal demikian dan menimbulkan sinyal keluaran yang kuat dengan frekuensi sama. Jadi secara umum, keluaran yang terkunci adalah sinyal dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi sinyal masukan. Meskipun sinyal masukannya bergeser geser pada daerah frekuensi yang besar, frekuensi keluarannya tetap terkunci.

## 2.6 Modulasi Frekuensi

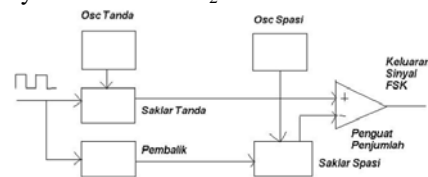
Modulasi frekuensi digunakan untuk mentransmisikan informasi berupa sinyal FSK (*Frequency Shift Keying*) pada jala-jala listrik karena keunggulannya pada ketahanan terhadap interferensi dan derau dari sinyal informasi pada gelombang pembawa dengan cara mengubah karakteristik gelombang pembawa sesuai dengan sinyal informasi untuk ditransmisikan.

## 2.7 Penyelarasan Frequency Shift Keying

Pada modulasi FSK (*Frequency Shift Keying*), frekuensi dari sinyal pembawa diubah-ubah antara dua nilai yang berbeda.

Diagram blok pembangkit (*modulator*) FSK ditunjukkan pada Gambar 3. Pembangkit sinyal FSK terdiri atas dua osilator lokal yang frekuensi-nya berbeda, yaitu  $f_1$  dan  $f_2$ . Masukan logika 1 akan menyebabkan osilator berfrekuensi  $f_1$  on, dan osilator berfrekuensi  $f_2$  off, sehingga menghasilkan sinyal berfrekuensi  $f_1$ . Sebaliknya apabila masukan diberi logika 0, dengan adanya rangkaian pembalik, osilator dengan frekuensi  $f_2$  akan on, dan osilator

berfrekuensi  $f_1$  off, sehingga menghasilkan sinyal berfrekuensi  $f_2$ .



Gambar 3 Diagram blok FSK

## 2.8 Pemindahan Data

Ada dua metode pemindahan data pada, secara serial dan paralel. Setiap data merupakan kelompok dari bit-bit yang berisi data logika 1 dan 0. Pada pemindahan data secara serial yang terjadi adalah pemindahan data satu bit pada satu satuan waktu. Sedangkan pada pemindahan data secara paralel terjadi pemindahan secara bersama dari sekelompok bit dalam satu satuan waktu.

Ditinjau dari arahnya ada tiga macam proses pemindahan data yaitu: **Simplex**, **Half Duplex** dan **Full Duplex**: sistem arah pemindahan datanya berturut-turut satu arah, dua arah yang proses pemindahan datanya tidak dapat terjadi dalam waktu yang bersamaan serta dua arah yang proses pemindahannya berlangsung secara serempak.

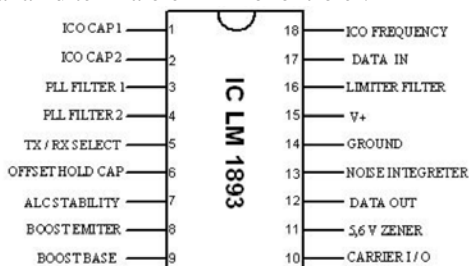
## 2.9 PLM (Power Line Modem)

*Power Line Modem* merupakan suatu sistem yang dalam keadaan mengirim data (*transmit*) berfungsi memodulasi sinyal masukan *digital serial* dan menumpangkan sinyal termodulasi tersebut ke tegangan jala-jala listrik. Sedangkan dalam keadaan menerima data alat ini akan menerima sinyal termodulasi dan men-demodulasinya supaya menghasilkan keluaran sinyal digital serial.

Untuk pembuatan *Power Line Modem* digunakan IC LM 1893 dari National Semiconductor. LM 1893 merupakan IC yang digunakan sebagai interface dalam sistem pengiriman dan penerimaan data melalui jala-jala listrik.

Cara kerja IC LM 1893 adalah: sinyal pengontrol dari mikrokontroler akan memilih kondisi LM 1893 untuk mengirim data (Tx) atau menerima data (Rx) dalam kondisi Tx mikrokontroler akan

mengirimkan data serial ke jala-jala listrik melalui LM 1893 yang akan membangkitkan gelombang termodulasi FSK (*Frequency Shift Keying*) 50-300 KHz (*Sumber: National Semiconductor Data Book*). Sedangkan dalam kondisi menerima data (Rx) tegangan jala-jala akan melalui transformator kopling dan dila-kukan filter pemisahan sinyal antara sinyal jala-jala listrik (50 Hz) dengan sinyal informasi (50–300 KHz) (*Sumber: National Semiconductor Data Book*), sinyal informasi tersebut akan dibentuk kembali menjadi bit-bit serial yang akan diterima oleh mikrokontroler.



Gambar 4 Pin IC LM 1893

## 2.10 Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler AT89C51 merupakan mikrokontroler 8 bit compatible dengan standard industri MCS-51<sup>TM</sup> baik dari segi pemrograman dan kaki tiap pin. Mikrokontroler AT89C51 mempunyai 4 Kbyte PROM (*Flash Programmable and Erasable Read Only Memory*).

Pada dasarnya Mikrokontroler terdiri atas mikroprosesor, timer dan counter, perangkat I/O dan *internal memory* yang sudah didesain dalam bentuk chip tunggal. Mikrokontroler berfungsi sama dengan mikroprosesor yaitu untuk mengontrol kerja dari sistem. Di dalam Mikrokontroler juga terdapat CPU, ALU, PC, SP dan register seperti mikroprosesor, tetapi ditambah dengan perangkat-perangkat lain seperti ROM, RAM, PIO, SIO, Counter dan sebuah rangkaian clock.

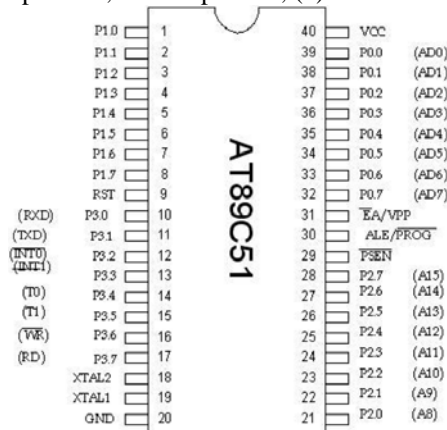
Mikrokontroler didesain dengan instruksi-instruksi lebih luas dan 8 bit yang digunakan membaca data instruksi dari *internal memory* ke ALU. Banyak instruksi yang digabung dengan pin-pin pada chipnya. Pin tersebut yaitu pin yang dapat diprogram

(*programmable*) dan dapat difungsikan tergantung pada kehendak pembuat program (*programmer*).

Berikut ini adalah arsitektur dari MCU AT89C51:

### Bagian Mikrokontroler Atmel seri AT89C51

Mikrokontroler Atmel AT89C51 mempunyai kelengkapan sebagai berikut: (a) Kompa-tibel dengan mikrokontroler standard MCS-51; (b) 4 Kbyte Down-loadable Flash memori; (c) 3 Level program memori lock; (d) 128 x 8 bit RAM internal; (e) 32 bit I/O yang dapat dipakai semua; (f) 2 buah timer/counter 16 bit; (g) 6 sumber interupsi; (h) Serial interface; (i) Frekuensi kerja 0 sampai 24 MHz; (j) Tegangan operasi 2,7 V sampai 6 V; (k) dan lain-lain.



Gambar 5 Pin-pin AT89C51.

Fungsi dari pin penyemat pada AT89C51 adalah sebagai berikut:

- Vcc** (pin 40): Merupakan saluran catu daya + 5 volt;
- GND** (pin 20): Merupakan saluran yang dihubungkan ke *ground* catu daya;
- Port 0** (pin 32-39): Merupakan port I/O (*input/output*) paralel 8 saluran dua arah (*bidirectional*). Berfungsi untuk *multiplexing* data dan alamat untuk memori eksternal;
- Port 1** (pin 1-8): Merupakan port I/O *bidirectional* yang dapat dialamati per bit untuk berbagai keperluan;
- Port 2** (pin 21-28): Merupakan port paralel 8 bit yang digunakan sebagai

alamat bagian tinggi (*high address*) untuk mengakses memori eksternal;

- f. **Port 3** (pin 10-17): Merupakan port I/O dua arah yang juga memiliki fungsi-fungsi khusus dan dapat dialamati per bit. Tabel 1 menunjukkan fungsi-fungsi tersebut.

**Tabel 1 Fungsi-fungsi khusus port 3**

Bit	Nama	Alamat	Fungsi
Port 3.0 (P 3.0)	RxD	B0H	Menerima data serial
Port 3.1 (P 3.1)	TxD	B1H	Mengirim data serial
Port 3.2 (P 3.2)	INT0	B2H	<i>External interrupt 0</i>
Port 3.3 (P 3.3)	INT1	B3H	<i>External interrupt 0</i>
Port 3.4 (P 3.4)	T0	B4H	<i>Timer/counter 0 input</i>
Port 3.5 (P 3.5)	T1	B5H	<i>Timer/counter 1 input</i>
Port 3.6 (P 3.6)	WR	B6H	Sinyal tulis untuk data memori eksternal
Port 3.7 (P 3.7)	RD	B7H	Sinyal baca untuk data memori eksternal

- g. **Reset** (pin 9): Merupakan masukan untuk mere-set seluruh pengoperasian AT89C51;
- h. **PSEN** (pin 29): PSEN (*Program Store Enable*) mengirimkan sinyal pengontrol sinkronisasi pengambilan memori program eksternal. Pada saat pengambilan memori program eksternal, maka pin ini mempunyai kondisi *low* sehingga biasanya pin ini dihubungkan dengan pin *output enable* (OE) pada memori;
- i. **ALE** (pin 30): ALE (*Address Latch Enable*) mengirimkan sinyal pengontrol untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi.
- j. **EA/Vpp** (pin 31): EA (*External Access*) dihubungkan ke ground untuk pemakaian memori program eksternal. Untuk penggunaan memori internal EA dihubungkan ke catu daya + 5 V. Pemrograman *flash* PEROM

dihubungkan ke catu daya + 12 V; **XTAL2 dan XTAL1** (pin 18 dan pin 19): Merupakan masukan untuk pewaktu sistem yang dapat dilakukan secara internal.

### Register – register pada Micro Controller AT89C51

MC AT89C51 ini mempunyai 8 register R0-R7 dengan empat buah tempat penampungan berbeda alamat yang disebut bank dan mempunyai 21 buah SFR (*Special Function Register*) yang terletak pada alamat 80H – FFH, semua register terletak pada internal RAM.

- Register R0 – R7:** Setelah reset *default* register terletak pada bank 0 yaitu alamat 00H – 07H. Register ini mempunyai 4 bank, bank 0 – bank 3 yang masing-masing bank mempunyai 8 byte. Jadi alamat bank untuk register ini 00H – 1FH. Register R0 dan R1 adalah register istimewa karena hanya 2 register ini saja yang dapat dioperasikan dalam berbagai macam mode pengalaman;
- Accumulator (Acc):** Register ini merupakan register serbaguna dan umumnya digunakan untuk operasi matematika dan logika. Register ini memiliki panjang 8 bit dan terletak pada alamat E0H;
- Register B:** Register ini terletak pada alamat F0H memiliki panjang 8 bit dan biasanya digunakan bersama *accumulator* untuk pengoperasian perkalian (*Mul*) dan pembagian (*Div*). Pada operasi perkalian, hasil perkalian *lo byte* diletakkan pada *accumulator* sedang *high byte* pada register B. Pada operasi pembagian, *accumulator* dibagi dengan register B dan hasil pembagian ada di *accumulator* sedang sisanya pada register B;
- Stack Pointer (SP):** *Stack Pointer* merupakan register 8 bit yang terdapat pada alamat 81H. Saat operasi *push* data ke *stack* maka *stack* akan ditambah sebelum data ditulis, saat operasi *pop* data dari *stack*, maka data diambil setelah itu data *stack* dikurangi. Biasanya pemakai menginisialisasi

- ulang *stack*, tetapi jika tidak diinisialisasi ulang maka *default* dari *stack* adalah \$07. Ini berarti bank 1 – bank 3 digunakan oleh *stack* sehingga register R0 – R7 harus terletak pada bank 0 sesuai dengan *default*nya;
- e. **Data Pointer (DPTR):** *Data Pointer* merupakan register 16 bit yang dibagi menjadi DPL alamat 82H untuk byte rendah (*lowbyte*) dan DPH untuk byte tinggi (*high-byte*). Fungsi utama dari DPTR digunakan untuk mengakses eksternal data atau kode memori dan juga menampung data 2 byte;
  - f. **Port Register:** MC AT89C51 memiliki *register port* 0 pada alamat 80H, *register port* 1 pada alamat 90H, *register port* 2 pada alamat A0H, *register port* 3 pada alamat B0H;
  - g. **Timer Register:** MC AT89C51 memiliki 2 buah *timer* 16 bit. Register *timer* 0 berada pada alamat 8AH untuk TL0 (*low byte*) dan alamat 8CH untuk TH0 (*high byte*). Register *timer* 1 terletak pada alamat 8BH untuk TL1 dan alamat 8DH untuk TH1. operasi dari *timer* ditentukan oleh register TMOD (*Timer Counter Mode Control*), dengan alamat 89H untuk menentukan mode operasi dan register TCON (*Timer/Counter Control*), dengan alamat 88H sebagai kontrol operasi;
  - h. **Serial Port Register:** MC AT89C51 memiliki kaki untuk komunikasi serial oleh sebab itu diperlukan sebuah register untuk menampung data komunikasi. Register tersebut adalah *serial data buffer* (SBUF) pada alamat 99H. Register ini menampung data untuk mengirimkan maupun menerima data. Berbagai macam mode operasi untuk serial komunikasi terletak pada *Serial Port Control Register* (SCON) pada alamat 98H;
  - i. **Interrupt Register:** MC AT89C51 memiliki 5 sumber (serial port interupsi, timer 0 dan timer 1 interupsi, eksternal interupsi 0 dan 1). Interupsi tidak aktif setelah sistem reset, maka interupsi harus diaktifkan dengan *software* pada register (IE) alamat A8H. Prioritas dapat diatur pada *interrupt priority register* (IP) alamat B8H;
  - j. **Power Control Register (PCON):** Di dalam register PCON terdapat kontrol bit untuk catu daya IC sehingga dapat diatur pemakaian dayanya. Di dalam register terdapat *control* bit SMOD untuk menggandakan *baud rate* serial port mode 1, 2, 3 dan kontrol bit untuk *power down* (PD) juga kontrol bit untuk *idle mode* (IDL);
  - k. **Program Status Word (PSW):** Terletak pada alamat D0H dan merupakan bit status yang menunjukkan keadaan CPU pada saat itu. **Status terdiri atas:**
    - **Carry Flag (CY):** Bit ini akan bernilai satu apabila bit 8 terlampaui saat dilakukan operasi penjumlahan atau nilai pengurangan lebih besar saat operasi pengurangan,
    - **Auxiliary Carry Flag (AC):** Bit ini akan bernilai satu jika nilai suatu data di luar *range* \$00-\$09 saat dilakukan operasi penjumlahan bilangan BCD. Jika saat terjadi penjumlahan bilangan BCD dan diikuti perintah DAA maka data yang keluar *range* dapat dikembalikan dalam *range*,
    - **Flag 0:** Bit ini disediakan untuk status bit pemakai untuk berbagai keperluan, *Register Bank Select Bits*: 2 bit ini digunakan untuk memilih bank mana yang akan dipakai oleh register R0-R7 dengan memilih kombinasi dari RS0 dan RS1. Jumlah kombinasinya sesuai dengan jumlah *bank* yang ada. *Default* dari RS0 dan RS1 adalah *bank* 0,
    - **Overflow Flag:** Bit ini akan bernilai satu jika terjadi nilai *overflow* dari operasi penjumlahan ataupun pengurangan,
    - **Parity Bit:** Bit secara otomatis bernilai satu atau nol untuk menentukan nilai paritas genap dari *accumulator*.

### Interupsi (*Interrupt*)

Saat CPU pada mikrokontroler AT89C51 sedang melaksanakan suatu program kita dapat menghentikan pelaksanaan program tersebut secara sementara dengan meminta interupsi. Bila CPU mendapat permintaan interupsi *program counter* (PC) akan diisi dengan alamat dari vektor interupsi. CPU kemudian melaksanakan rutin pelayanan interupsi mulai dari alamat tersebut. Bila rutin pelayanan interupsi selesai dilaksanakan, CPU AT89C51 kembali melaksanakan program utama yang ditinggalkan.

AT89C51 mempunyai beberapa saluran interupsi yang dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

- Interupsi yang tidak dapat dihalangi oleh perangkat lunak (*non maskable interrupt*), misalnya reset,
- Interupsi yang dapat dihalangi oleh perangkat lunak (*maskable interrupt*). Contoh interupsi jenis ini adalah INT0 dan INT1 (eksternal), serta *Timer/Counter 0*, *Timer/Counter 1*, dan interupsi dari port serial (internal).

Interuksi RETI (*Return From Interrupt Routine*) harus digunakan untuk kembali dapat dipakai.

AT89C51 menyediakan 5 sumber interupsi : dua interupsi eksternal, dua interupsi timer dan 1 interupsi serial. Interupsi eksternal INT0 dan INT1 masing-masing dapat diaktifkan berdasarkan level atau transisi, tergantung pada bit IT0 dan IT1 pada register *Timer/Counter Control* (TCON). Interupsi akan aktif pada logika rendah bila IT0 atau IT1 sama dengan nol dan aktif pada transisi dari logika tinggi ke rendah, bila IT0 atau IT1 sama dengan satu. Alamat dan sumber interupsi dapat ditunjukkan dalam Tabel 2.

### Memori:

Di dalam sistem mikroprosesor, ada dua jenis memori yakni RAM dan ROM. **RAM** (*Random Access Memory*) merupakan jenis memori *volateli*, artinya jika catu daya dilepas-kan, maka seluruh data yang ada dalam memori akan hilang. Jenisnya ada dua, yaitu: RAM statik dan RAM dinamik. **RAM statik** dibuat dengan menggunakan

beberapa flip-flop, dan menyimpan sebuah bit sebagai tegangan. **RAM dinamik** dibuat dengan menggunakan gerbang transistor MOS, dan disimpan sebagai sebuah muatan. Keuntungan dari RAM dinamik adalah gerbang transistor dapat dibuat dalam jumlah besar dalam sebuah chip memori, sehingga chip dengan kepadatan tinggi dapat dibuat dan lebih cepat daripada RAM statik. Kerugian RAM jenis ini adalah informasi berupa bit menjadi bocor sehingga informasi perlu ditulis kembali dalam selang waktu mili detik. Hal ini disebut *penyegaran* (*refreshing*) memori dan hal ini memerlukan beberapa rangkaian tambahan. **ROM** (*Read Only Memory*) merupakan memori *non – volateli*, artinya informasi tetap tersimpan walaupun catu dayanya dilepaskan. Ada 4 jenis ROM, yaitu: *Masked ROM*, *PROM*, *EPROM* dan *EEPROM*. **Masked ROM**: pada jenis ini sebuah pola bit secara permanen direkam melalui proses pemaskeran dan metalisasi, sebuah proses yang mahal dan khusus, pabrik pembuat memori pada umumnya dilengkapi peralatan untuk membuat dengan proses ini, tetapi hal ini menjadi ekonomis untuk diproduksi dalam jumlah besar dalam orde ribuan. **PROM** (*Programmable Read Only Memory*): Memori ini dapat diprogram dengan memakai peralatan pemrogram khusus untuk PROM yang memilih sekering-sekring untuk dibakar tergantung dari pola bit yang diinginkan untuk disimpan. Proses ini disebut proses *Burning The PROM* (pembakaran PROM) dan informasi disimpan secara permanen. **EPROM** (*Erasable Programmable Read Only Memory*): akan menyimpan informasi di dalamnya secara semi permanen dan dapat dihapus dengan melakukan penyinaran ultra violet melalui jendela kaca yang terpasang pada chip. Memori ini dapat diprogram berulang-ulang dan secara luas digunakan untuk pengembangan produk dan proyek percobaan. **EEPROM** (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*): secara fungsional sama seperti EPROM, tetapi pengubah informasi dilakukan dengan sinyal-sinyal listrik.

**Tabel 2** Alamat dan sumber interupsi

Nama	Alamat	Sumber
		Power On
Reset	0000H	Reset
INT0	0003H	INT0
Timer 0	000BH	Timer0
INT1	0013H	INT1
Timer 1	001BH	Timer1
Sint	0023H	Port I/O serial

### Komunikasi Serial Asinkron

MCS51 dilengkapi dengan sarana komunikasi data seri, sebagai anggota keluarga MCS51. AT89C51 juga mempunyai sarana itu selengkap-nya. Sarana komunikasi seri tersebut bisa bekerja dalam 4 macam mode, 1 mode bekerja sebagai sarana komunikasi seri sinkron, tiga lainnya merupakan sarana komunikasi seri asinkron.

Keempat macam mode kerja tersebut adalah:

- **Mode 0:** bekerja sebagai sarana komunikasi data seri sinkron, data seri dikirim dan diterima melalui kaki RxD, sedangkan kaki TxD dipakai untuk menyalurkan *clock* yang diperlukan komunikasi data sinkron. Data ditransmisikan per 8 bit dengan kecepatan transmisi data (*Baud rate*) tetap, sebesar  $\frac{1}{12}$  frekuensi kerja dari AT89C51.
- **Mode 1:** mode ini dan 2 mode berikutnya merupakan sarana komunikasi seri asinkron. Data seri dikirim melalui kaki TxD, dan diterima dari kaki RxD. Data ditransmisikan per 10 bit, terdiri atas 1 bit *Start* ('0'), 8 bit *data* dan 1 bit *stop* ('1'). Kecepatan transmisi data (*Baud Rate*) ditentukan lewat Timer 1, bisa diatur untuk berbagai kecepatan.
- **Mode 2:** Data seri dikirim melalui kaki TxD, dan diterima dari kaki RxD. Data ditransmisikan per 11 bit, terdiri atas 1 bit *Start* ('0'), 8 bit *data*, 1 bit *data tambahan* (bit ke 9) dan 1 bit *stop* ('1'). Kecepatan transmisi data (*Baud Rate*) hanya bisa dipilih  $\frac{1}{32}$  atau  $\frac{1}{64}$  frekuensi kerja dari AT89C51.
- **Mode 3:** Data seri dikirim melalui kaki TxD, dan diterima dari kaki RxD. Data ditransmisikan per 11 bit, terdiri atas

1 bit *Start* ('0'), 8 bit *data*, 1 bit *data tambahan* (bit ke 9) dan 1 bit *stop* ('1'). Sesungguhnya Mode 2 dan 3 sama persis, perbedaannya adalah kecepatan transmisi data (*Baud Rate*) mode 3 ditentukan lewat Timer 1, bisa diatur untuk berbagai kecepatan, persis sama dengan mode 1.

Dari keempat mode kerja yang ada, mode 1 adalah mode yang paling banyak dipakai, mode inilah yang setara dengan komunikasi seri asinkron dipakai pada PC maupun modem.

### Pengaturan Kecepatan Transmisi

Kecepatan transmisi (*Baud Rate*) merupakan suatu hal yang amat penting dalam komunikasi data seri asinkron, mengingat dalam komunikasi data seri asinkron clock tidak ikut dikirimkan, sehingga harus diusahakan bahwa kecepatan transmisi mengikuti standar yang sudah ada.

Dalam AT89C51, *clock* untuk transmisi data dibangkitkan dengan sarana Timer1. Untuk keperluan ini, Timer1 dioperasikan sebagai 8 bit *auto reload* timer (mode 2), artinya TL1 bekerja sebagai timer 8 bit menerima clock dari osilator kristal yang frekuensinya sudah dibagi 12 terlebih dulu, setiap kali pencacah (*counter*) nilainya menjadi 0 maka nilai yang sebelumnya sudah disimpan di TH1 secara otomatis diisikan lagi ke TL1, sehingga TL1 akan menghasilkan clock yang frekuensinya diatur oleh TH1, clock ini berikutnya dibagi lagi dengan 32 sebelum dipakai sebagai *clock* untuk UART. Hubungan frekuensi pada sistem tersebut dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\text{Kecep. Transmisi} = \frac{k \times \text{Frek. Kristal}}{32 \times 12 \times (256 - (TH1))} \quad (1)$$

Kalau kecepatan transmisi sudah ditentukan dan frekuensi kristal sudah dipastikan, maka nilai yang disimpan di TH1 bisa dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$TH1 = 256 - \frac{k \times \text{Frek. Kristal}}{32 \times 12 \times \text{Kecep. Transmisi}} \quad (2)$$

Dalam persamaan di atas, k adalah konstanta yang nilainya 1 atau 2, tergantung pada nilai yang tersimpan di bit SMOD dalam



register PCON. Jika SMOD = '0' k bernilai 1 dan k akan bernilai 2 kalau SMOD = '1'. Perlu dicatat, sete-lah AT89C51 di-reset, SMOD akan bernilai '0', artinya jika tidak diatur lebih lanjut k bernilai 1.

Untuk mendapatkan kecepatan transmisi yang umum dipakai dalam komu-nikasi data seri asinkron (1200 Baud, 2400 Baud, 4800 Baud, 9600 Baud dan 19200 Baud), maka dari persamaan di atas bisa diturunkan besar freku-ensi kristal yang paling tepat adalah 11.059 MHz. Meskipun angka ini agak aneh, tetapi karena mudah-nya diperoleh di pasaran, maka kristal ini banyak dipakai. Kristal 11.059 MHz ini dipilih agar bisa membangkitkan kecepatan transmisi data seri standar, dalam sistem berbasis AT89C51 yang tanpa menggunakan sarana komunikasi data seri asinkron lebih baik dipilih kristal dengan frekuensi 12 MHz, sehingga *clock* untuk timer bisa merupakan frekuensi bulat 1 MHz.

### 3. PERANCANGAN ALAT

Perancangan alat pengatur beban listrik jinjing memakai *Power Line Carrier* dibuat berdasarkan diagram blok pada Gambar 6.

#### 3.1 Sistem Kerja Alat

Sinyal kontrol dikirim oleh mikrokontroler melalui port serial. Taraf tegangan data serial tersebut diubah oleh konverter ke taraf tegang-an TTL, kemudian diteruskan ke *power line modem* untuk dimodulasi dan ditumpangkan ke tegangan jala-jala listrik. Oleh *power line modem* pada peralatan listrik (slave). Sinyal informasi yang diambil dari tegangan jala-jala listrik untuk didemodulasi dan diterjemahkan oleh mikrokon-troler agar dapat melaksanakan perintah yang terkandung dalam bit informasi.

Alat ini dirancang mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Frekuensi modulasi yang digunakan adalah 125 kHz;
- Tegangan jala-jala listrik yang digunakan adalah 220 V/50 Hz satu fasa;
- Kontrol yang digunakan adalah on-off;
- Menggunakan kecepatan data 150 baud rate.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

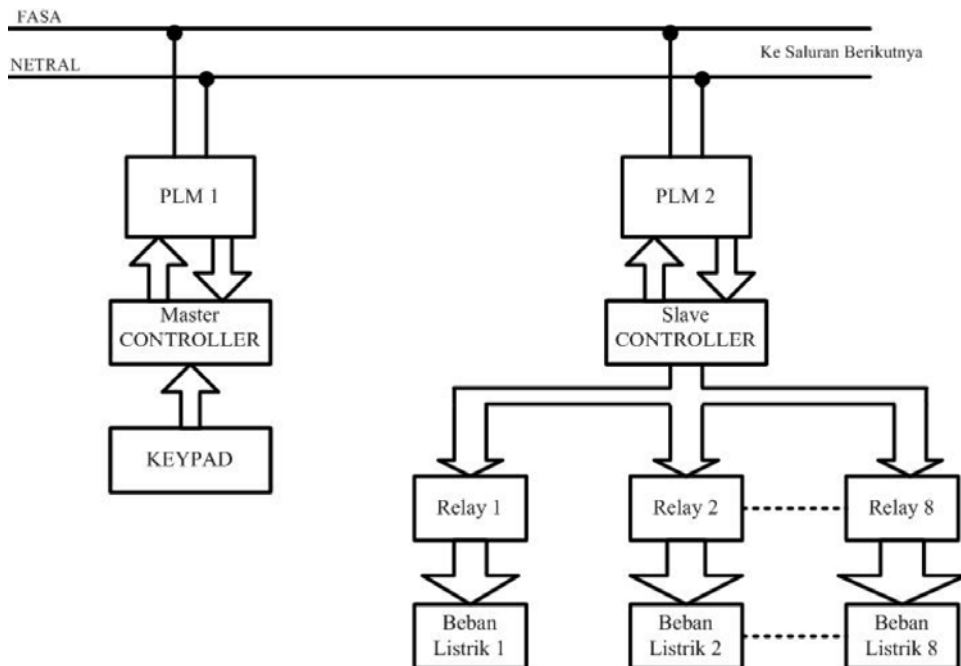
- Peralatan kerja bengkel elektronika;
- Multi-meter;
- CPU;
- Osiloskop;
- Function Generator*;
- Down-loader*.

Bahan yang dipakai adalah: (1) Mikrokontroler AT89C51; (2) IC LM1893; (4) Keypad 3 x 4; (5) Rele 12 V DC; (6) Kristal 12 MHz; (7) Koker 8 mm; (8) Dioda 1N4001; (9) Dioda 1N4002; (10) Dioda Zener 43 V; (11) Dioda Zener 47 V; (12) Kabel Pelangi; (13) Trafo 3 A; (14) Resistor 1 k $\Omega$ , 1W; (15) Resistor 10 k $\Omega$ , ½ W; (16) Potensio 2 k $\Omega$ ; (17) Potensio 100 k $\Omega$ ; (18) Kapasitor 1  $\mu$ F; (19) Kapasitor 10  $\mu$ F; (20) Kapasitor 33 nF; (21) Kapasitor 47 nF; (22) Kapasitor 30 pF; (23) Kapasitor 560 pF; (24) Transistor BD139; (25) Acrilic; (26) PCB Matriks; (27) PCB Polos; (28) Timah; (29) Lampu; (30) Fitingan; (31) Kabel Power; (32) Stop Kontak; (33) Tiner; (34) Ferit chlorid; (35) Tempat pelarut PCB.

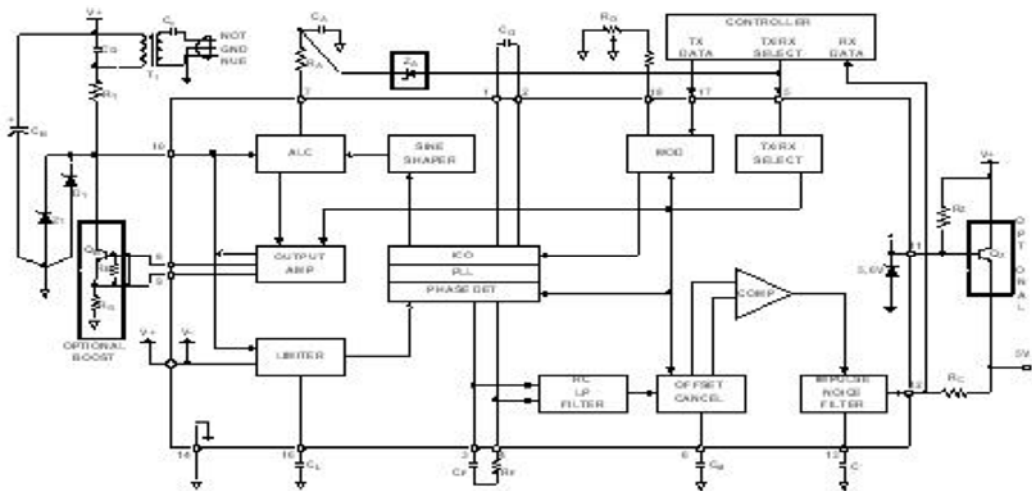
#### 3.3 Perancangan Perangkat Keras

##### Perancangan *Power Line Modem* (PLM)

Gambar 7 menunjukkan suatu rangkaian LM 1893 beserta komponen pendukungnya.



Gambar 6 Diagram blok PLC



Gambar 7 IC LM1893 beserta komponen pendukung (National Semiconductor Databook)

Penentuan nilai masing-masing komponen pendukungnya dengan frekuensi *carrier* ( $F_0$ ) yang digunakan adalah 125 kHz, kecepatan data 150 baud rate, tegangan catu 15 V dan jala-jala listrik 220 V/50 Hz adalah sebagai berikut:

#### Bagian Pemancar

Kapasitor  $C_0$  berfungsi untuk menentukan frekuensi *carrier* yang

digunakan. Sesuai data IC LM 1893, untuk frekuensi *carrier*  $F_0 = 125$  kHz, didapatkan  $C_0 = 70,6 \times 10^{-6} / F_0 = 0.5648 \times 10^{-9}$  F, maka  $C_0$  dibuat sebesar 560 pF.

Resistor  $R_0$  digunakan untuk membangkitkan arus  $V_{BE}$  yang akan dikalikan 2 untuk menghasilkan arus sebesar 200  $\mu$ A pada ICO yang menentukan nilai  $F_0$ . Nilai yang dianjurkan untuk  $R_0$  adalah antara 5,6 k $\Omega$

sampai 7,6 k $\Omega$  (sumber: *National Semiconductor Databook*). Oleh karena itu digunakan nilai potensio 2 k $\Omega$  dirangkai seri dengan resistor 5,6 k $\Omega$  untuk R<sub>0</sub>.

Besarnya nilai C<sub>A</sub> dan R<sub>A</sub> akan mempengaruhi ALC IC LM 1893. semakin kecil nilai C<sub>A</sub> dan R<sub>A</sub>, maka ALC akan tidak stabil, sedangkan semakin besar nilainya respon ALC akan lambat tetapi akan stabil. Nilai yang dianjurkan untuk C<sub>A</sub> dan R<sub>A</sub> adalah C<sub>A</sub> = 0,1  $\mu$ F dan R<sub>A</sub> = 10 k $\Omega$ .

T<sub>1</sub> digunakan bersama C<sub>Q</sub> untuk memben-tuk frekuensi resonansi F<sub>Q</sub>. T<sub>1</sub> juga digunakan sebagai *transformator coupling* pada penum-pangan sinyal informasi ke jala-jala listrik. Nilai induktansi kumparan primer L<sub>1</sub> bersama-sama dengan C<sub>Q</sub> akan menentukan frekuensi reso-nansi. T<sub>1</sub> juga harus mempunyai perbandingan jumlah lilitan kumparan primer dan sekunder sebesar mungkin agar dapat menumpangkan sinyal ke jala-jala listrik dengan lebih baik.

Dengan pertimbangan tersebut, maka untuk T<sub>1</sub> digunakan transformator tipe 707VX-A042YUK yang mempunyai frekuensi kerja 100-200 kHz. Karena tipe transformator tersebut susah dida-patkan, maka dibuat sendiri transformator dengan spesifikasi mengacu pada tipe 707VX-A042YUK yaitu: menggunakan koker berdiameter 0,8 cm, dengan induktansi kumparan primer dan sekunder masing-masing sebesar 49  $\mu$ H (100 lilitan) dan 0,98  $\mu$ H (15 lilitan).

C<sub>Q</sub> digunakan bersama T<sub>1</sub> sebagai frekuensi resonansi = F<sub>0</sub> supaya sinyal informasi dapat ditumpangkan ke jala-jala listrik. Frekuensi reso-nansi yang dihasilkan oleh

$$C_Q \text{ dapat dihitung dengan } C_Q = \frac{1}{(2\pi F_0)^2 L_1}$$

dengan L<sub>1</sub> sebagai nilai induktansi T<sub>1</sub> yang telah ditentukan sebesar 49  $\mu$ H.

Maka:

$$C_Q = \frac{1}{(2\pi \times 125 \times 10^3)^2 \cdot 49 \times 10^{-3}} = 33,11 \text{ nF} \quad (3)$$

Maka nilai C<sub>Q</sub> ditentukan sebesar 33 nF atau 0,033  $\mu$ F.

Kapasitor C<sub>C</sub> digunakan agar tegangan jala-jala listrik tidak masuk ke lilitan T<sub>1</sub>. C<sub>C</sub>

juga digunakan sebagai L<sub>C</sub> *highpass filter*. C<sub>C</sub> harus mempunyai impedansi yang cukup besar untuk memfilter tegangan jala-jala listrik 50 Hz, dan impedansi untuk F<sub>0</sub> (125 kHz) harus sekecil mungkin. Impedansi C<sub>C</sub> untuk frekuensi 125 kHz harus lebih kecil dari impedansi jaringan jala-jala listrik, sebesar 51,6  $\Omega$ . Arus jala-jala yang melewati C<sub>C</sub> harus lebih kecil dari arus maksimum 10 *Amp-turn* (1 amp melalui 10 lilitan).

Impedansi C<sub>C</sub> untuk frekuensi jala-jala 50 Hz sebesar

$$Z = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi 50,22 \times 10^{-6}} = 0,724 \text{ M}\Omega \quad (4)$$

Nilai impedansi untuk frekuensi 125 kHz sebesar:

$$Z = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi 125 \times 10^{-3} \cdot 0,22 \times 10^{-6}} = 5,8 \Omega \quad (5)$$

Z<sub>T</sub> adalah dioda zener guna mencegah adanya sinyal transient yang melalui transfor-mator T<sub>1</sub> menuju ke pin *carrier I/O*. sinyal tran-sient tersebut bisa juga berasal dari pengo-songan tegangan di kapasitor C<sub>C</sub> pada saat menghubungkan atau melepas rangkaian dari jala-jala listrik. Untuk itu Z<sub>T</sub> menggunakan dioda *avalanche* yang biasanya untuk mencegah sinyal transient. Z<sub>T</sub> harus mempunyai tegangan dadal yang sedikit lebih besar dari 44 V, karena pin *carrier I/O* mempunyai dioda zener internal dengan BV 44 V.

R<sub>T</sub> untuk pembagi tegangan dengan Z<sub>T</sub>, yang akan menyerap tegangan transient yang masuk pada pin *carrier I/O* tetap di bawah tegangan 44 V.

## Bagian Penerima

C<sub>L</sub> LM 1893 mempunyai *filter band pass* untuk peningkatan sensitivitas penerimaan sinyal. Frekuensi *cut off* atas ditentukan sebesar 300 kHz sedangkan frekuensi *cut off* bawah ditentukan oleh nilai C<sub>L</sub>. Untuk F<sub>0</sub> = 125 kHz, maka nilai C<sub>L</sub> sebesar 0.047  $\mu$ F.

C<sub>I</sub> dipakai pada bagian filter *noise* guna mencegah lewatnya sinyal pulsa yang mempu-nyai waktu lebih pendek dari waktu pengisian integrator chip LM 1893. Waktu pengisian integrator ditentukan sebesar ½

waktu data bit. Jadi nilai  $C_1$  ditentukan besarnya *data rate* yang digunakan.

$C_F$  dan  $R_F$  adalah komponen yang digunakan pada PLL IC LM sebagai filter untuk menghilangkan derau. Nilai  $C_F$  dan  $R_F$  ditentukan oleh besar frekuensi *carrier*  $F_0$  yang digunakan.

$Z_A$  digunakan jika sinyal yang masuk pada masukan Rx (pin 10) melebihi tegangan catu bagian penerima, yang disebabkan tegangan catu pemancar lebih tinggi dari penerima, jarak Tx dan Rx yang terlalu dekat, atau perbandingan lilitan *step-up*  $T_1$  pada Rx lebih tinggi dari perbandingan lilitan *step-down*  $T_1$  pada Tx.

### 3.4 Perancangan Sistem Mikrokontroler

Rangkaian *mastercontroller* ditunjukkan pada Gambar 8, sedangkan rangkaian *slave-controller* tidak digambar. Pin XTAL1 dan XTAL2 pada AT89C51 dihubungkan pada sebuah kristal *Quart* dengan frekuensi 12 MHz dan dua buah kapasitor senilai 30 pF. Dengan konfigurasi tersebut maka mikrokontroler mempunyai waktu 1 siklus mesin selama 1.85  $\mu s$  (satu siklus mesin mempunyai 12 kali periode). Rangkaian *Power on reset* terdiri atas sebuah kapasitor 47  $\mu F$  seri dengan resistor 8,2 K $\Omega$ . Rangkaian ini akan menjamin penguncian logika tinggi selama waktu *start up* kristal ditambah 2 kali siklus mesin setiap catu daya dinyalakan (*Atmel Microcontroller Data-book: 2000*). Port 2 merupakan alamat *mode* dari PLM. Port 0 dan port 1 adalah keluaran yang dihubungkan ke peralatan listrik. P3.0 merupakan masukan sinyal yang diterima mikrokontroler (Rx) dari PLM, sedangkan P3.1 adalah sinyal serial yang akan dikirimkan oleh mikrokontroler (Tx) ke PLM. Port 3.7 digunakan sebagai pemilih PLM untuk menerima atau mengirim data (Tx/Rx).

#### Perancangan Rele

Rangkaian rele yang digunakan dalam sistem ini menggunakan komponen dasar sebuah transistor BD139, relai DPDT 12 V, dan sebuah resistor 10 k $\Omega$ .

Diketahui data transistor untuk BD 139 :  
 $I_c = 1 \text{ A}$ ,  $h_{fe} = 160$

$R_{Rele} = 410 \Omega$  (hasil pengukuran)

$I_{Rele} = 29,3 \text{ mA}$ ;

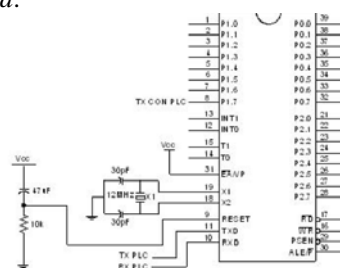
$V_{Rele} = I \times R = 12 \text{ V}$

sehingga diperoleh  $V_{Rele} = V_{cc} = 12 \text{ V}$   
 sehingga  $I_B = I_{Rele}/h_{fe} = 0,183 \text{ mA}$  maka  $R_B = (V_{BB} - V_{BE})/I_B = 61748 \Omega$

Karena keterbatasan nilai resistor yang ada di pasaran, maka dipilih nilai 10 k $\Omega$

#### Rangkaian Keypad

Sebagai sarana masukan pada sistem, diperlukan satu unit papan tombol atau *keypad*.



Gambar 8 Master Controller

Sistem membutuhkan masukan data berupa angka dari 0 hingga 9 dan ditambah beberapa tombol untuk keperluan lain sehingga ada 12 tombol masukan yang diperlukan.

Komponen ini memiliki 4 penyemat yaitu  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$  untuk baris dan  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$ , untuk kolom. Dengan demikian total tombol yang bisa ditangani adalah 3 x 4 sehingga keseluruhan ada 12 tombol.

### 3.5 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan adalah bahasa *Assembler* mikrokontroler AT89C51 dan program yang sebenarnya terdapat pada lampiran.

#### Perancangan Protokol Komunikasi

Sistem komunikasi yang digunakan adalah sistem *half duplex* dengan kecepatan data 300 bps. Mikrokontroler utama sebagai *master-controller* akan memberikan perintah kepada tiap *slave* yang mempunyai alamat tertentu untuk melaksanakan perintah atau mengirim-kannya datanya ke *mastercontroller*.

*Handshaking* akan membentuk koneksi antar peralatan secara dua arah

(*bidirectional*) dengan membuat suatu aturan komunikasi (protokol) tertentu yang dimengerti peralatan yang berkomunikasi. Proses pembentukan koneksi tersebut digunakan untuk menjamin antar pe-ngirim dan penerima dapat saling berkomunikasi.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian bertujuan untuk mengetahui sesuai tidaknya kerja alat dengan spesifikasi perancangan.

Pengujian terhadap perangkat keras. dilakukan pada masing-masing blok rangkaian penyusun sistem, antara lain *Power Line Modem* (PLM), rangkaian relai, *Keypad*, dan sistem mikrokontroler. Selanjutnya dilakukan pengujian perangkat lunaknya. Pengujian terakhir dilakukan pada sistem secara keseluruhan untuk mengetahui unjuk kerja sistem secara keseluruhan.

### 4.1 Pengujian

Peralatan uji yang digunakan adalah: (1) Catu daya 5V, 12V, 15V; (2) Osiloskop dan (3) Generator Fungsi.

#### Pengujian Power Line Modem

Pengujian ini bertujuan untuk:

- Mengetahui frekuensi kerja PLM.
- Mengetahui keberhasilan pengiriman data melalui jala-jala listrik.

Mengetahui keberhasilan komunikasi half duplex antara dua power line modem.

Untuk dapat mengirimkan data, maka setiap PLM (Power Line Modem) harus ditentukan bekerja pada frekuensi yang sama. Mengacu pada perancangan, frekuensi kerja yang digunakan adalah 125 kHz, oleh karena itu kedua PLM harus diset agar bekerja pada frekuensi 125 kHz. Untuk mengetahui frekuensi kerja PLM dilakukan dengan cara mengukur frekuensi yang dihasilkan pada pin 10 ketika PLM dalam kondisi mengirim data pin 5 (Tx/Rx) diberi logika tinggi. Frekuensi yang dihasilkan pin 10 harus pada frekuensi atas Frequency Shift Keying (FSK) ( $1.022 \times 125 \text{ kHz}$ ) yaitu sebesar 127.750 Hz ketika masukan data pada pin 17 diberi logika rendah. Frekuensi yang dihasilkan diset dengan mengatur

besarnya  $R_0$ . dari hasil pengujian pin 10 pada PLM 1 menghasilkan frekuensi sebesar 127,7010 kHz. Untuk masukan data logika tinggi frekuensi yang dihasilkan 122.2890 kHz.

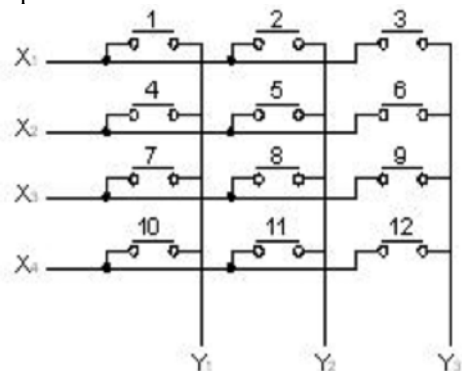
Langkah-langkah pengujian untuk mengetahui keberhasilan pengiriman data melalui jala-jala listrik adalah sebagai berikut:

- Alat dirangkai pada papan rangkaian tercetak.
- Catu daya diaktifkan, yaitu 15V untuk catu PLM.
- PLM 1 digunakan untuk mengirim data dengan memberikan logika tinggi (tegangan 5V) pada pin 5 (Tx/Rx), sedangkan PLM 2 digunakan untuk menerima data dengan memberikan logika rendah (tegangan 0V) pada pin 5 (Tx/Rx).
- Masukan data pada PLM 1 diperoleh dari *function generator* yang berupa gelombang kotak berlogika TTL. Untuk keluaran data di PLM 2 hasilnya melalui osiloskop.

Pengujian dilakukan dengan frekuensi data masukan yang variabel, dan ternyata bahwa PLM (*Power Line Modem*) mampu menransmisikan data pada daerah frekuensi 100 – 350 KHz, tepat pada titik potong -3 dB ( $f_{c1} = 100 \text{ KHz}$  dan  $f_{c2} = 350 \text{ KHz}$ ) yang sedikit bergeser dari data sheet.

#### Pengujian Rangkaian Keypad

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui konfigurasi logika keluaran dari unit papan tombol saat tombol ditekan.



Gambar 9 Rangkaian Keypad

Pengujian perangkat lunak dilakukan dengan menggabungkan perangkat lunak pada *mastercontroller* dengan perangkat lunak pada *slavecontroller*. *Mastercontroller* akan mengirim-paket data melalui port serial menuju *slave-controller*.

Langkah-langkah pengujian untuk mengetahui keberhasilan pengiriman data melalui mikrokontroler adalah sebagai berikut:

- Alat dirangkai pada Papan Rangkaian tercetak
- Catu daya diaktifkan, yaitu 5 V untuk catu mikrokontroler
- Mikrokontroler 1 digunakan untuk mengirim data melalui pin Tx. Masukan data diperoleh dari keypad sedangkan mikrokontroler 2 digunakan untuk menerima data melalui pin Rx

Program untuk pengujian perangkat lunak ini adalah:

#### Program pada Mikrokontroler 1

```

org    00h
ljmp   utama
org    23h
ljmp   terima
;-----
-----
utama: mov    ie,#090h
        mov    tmod,#20h
        mov    th1,#0f4h
        mov    scon,#50h
        clr    ri
        setb   tr1
;-----
mulai:
key2:   mov    p2,#7fh
        jnb    p1.2,#key3
        cpl    p0.6
        sjmp   mulai
key3:   jnb    p1.3,#key4
        mov    p0,#11111111b
        sjmp   mulai
key4:   mov    p2,#0bfh
        jnb    p1.0,#key5
        cpl    p0.1
        sjmp   mulai
key5:   jnb    p1.1,#key6
        cpl    p0.4
        sjmp   mulai
key6:

```

```

        jnb    p1.2,#key7
        cpl    p0.7
        sjmp   mulai
key7:   mov    p0,#00000000b
        jnb    p1.3,#key8
        sjmp   mulai
key8:   mov    p2,#0dfh
        jnb    p1.0,#key9
        cpl    p0.2
        sjmp   mulai
key9:   jnb    p1.1,#key10
        cpl    p0.5
        sjmp   mulai
key10:  jnb    p1.1,#key11
        mov    p0,#01010101b
        sjmp   mulai
key11:  jnb    p1.3,#key12
        mov    p0,#10101010b
key12:  ljmp    mulai
;-----
; kirim_data:
        clr    ti
        mov    a,p1
        mov    sbuf,a
        jnb    ti,$
        clr    ti
        ljmp   utama
;-----
-----
terima:
        mov    a,sbuf
        mov    p0,a
        ljmp   utama
end

```

#### Program pada Mikrokontroler 2

```

org    0h
ljmp   start
org    23h
ljmp   receive
start: mov    ie,#090h
        mov    tmod,#20h
        mov    th1,#0f4h
        mov    scon,#50h
        clr    ri
        setb   tr1
;-----
; subrutin delay
;-----
delay: mov    r0,#0ffh
delay1: mov    r1,#00h
delay2: nop
        nop

```

```

        nop
        djnz    r1,delay2
        djnz    r0,delay1
        ret

;-----
-
;subrutin menerima data
;-----
-
receive:
        mov     a,sbuf
        mov     p2,a
;-----
-
;subrutin mengirim data kembali
;-----
-
        clr     ti
        mov     sbuf,a
        jnb     ti,$
        clr     ti
        ljmp    start
        end

```

**Tabel 3 Hasil pengujian perangkat lunak**

Tombol	Keluaran (LED)
1	0 0 0 0 0 0 0 1
2	0 0 0 0 0 0 1 1
3	0 0 0 0 0 1 1 1
4	0 0 0 0 1 1 1 1
5	0 0 0 1 1 1 1 1
6	0 0 1 1 1 1 1 1
7	1 1 1 1 1 1 1 1
8	1 1 1 1 1 1 1 1
9	0 1 0 1 0 1 0 1
*	1 1 1 1 1 1 1 1
0	0 0 0 0 0 0 0 0
#	1 0 1 0 1 0 1 0

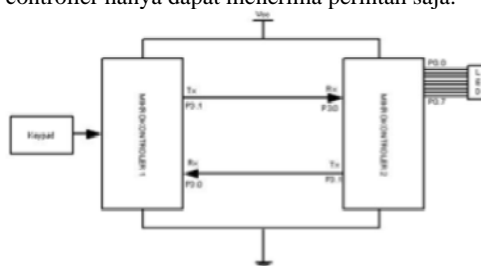
### Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dimaksudkan untuk mengetahui keberhasilan perancangan sistem pengendali beban listrik menggunakan komunikasi power line carrier. Blok Diagram pengujian sistem dapat dilihat di Gambar 10.

Mastercontroller akan mengirimkan perintah kepada slave melalui port serial, oleh PLM 1 perintah tersebut ditransmisikan ke PLM 2 yang mempunyai alamat seperti yang dituju mastercontroller melalui jala-jala listrik. Oleh slavecontroller perintah tersebut dijalankan.

Dalam pengujian keseluruhan ini mastercontroller dapat mengendalikan beban. Slavecontroller tidak dapat mengirim perintah balik ke Mastercontroller, ini dikarenakan PLM 2 tidak

dapat berfungsi dengan baik sehingga slavecontroller hanya dapat menerima perintah saja.



**Gambar 10 Blok Diagram pengujian sistem**

## 5. KESIMPULAN

Dari pembahasan perancangan dan pembuatan alat *Pengontrolan Beban Listrik Portable Memanfaatkan PLC (Power Line Carrier) Berbasis Mikrokontroler AT89C51* yaitu pada bab-bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Peralatan yang dirancang dengan memakai mikrokontroler AT89C51 telah dibuat dan dapat berfungsi untuk mengendalikan beban.
- Sinyal digital telah berhasil dibentuk dan ditransmisikan melalui jaringan listrik dengan memakai modulasi FSK (*Frequency Shift Keying*)

Dalam perancangan alat ini jauh dari sempurna oleh sebab itu perancang berharap ada yang menyempurnakan alat ini. Adapun saran:

- PLM (*Power Line Modem*) sangat sensitif, maka diharapkan menggunakan komponen yang toleransi sekecil mungkin
- Dalam penentuan jumlah lilitan koker harus benar-benar akurat karena ada selisih dalam jumlah lilitan maka PLM tidak dapat bekerja (mengirimkan data dan menerima data).
- Alat ini diharapkan dapat dikembangkan lebih luas lagi tidak sebatas untuk mengontrol lampu yaitu dapat digunakan untuk mengontrol AC, kulkas dan peralatan elektronik lainnya.
- Alat ini dapat dikembangkan menjadi sistem *full duplex* dengan sisi pengendali dapat mengetahui dengan baik keberhasilan fungsi pengendali beban

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Bartelt, T. 2002. Industrial Control Electronics: Devices, Systems, and Applications. New York: Delmar Thomson Learning.
- Bolton, W. 2003. Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering. Glasgow: Pearson Education Limited.
- Dorf, R.C., and Bishop, R.H. 2005. Modern Control Systems. Toronto: Pearson Education Canada, Inc.
- Elektuur. 1994. Data Sheet Book 1. Data IC Linear, TTL, CMOS. Cetakan ke-2 Terjemah-aan Wasito S. Jakarta: PT Elek Media Kompu-tindo.
- Panjaitan, B. 1998. Komponen-komponen Sistem Pengendalian Tenaga Listrik. Jakarta: PLN.
- Roody, Dennis dan John Coolen. 1996. Komuni-kasi Elektronika, Edisi Ketiga, Terjemahan Kamal Idris. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Malvino, Albert P & Tjia May On. 1996. Prinsip-Prinsip Elektronika. Jakarta: Erlangga.
- Reger. L. Tokheim. 1995. Elektronika Digital. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Woollard, Barry. 1999. Elektronika Praktis. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Kenneth J. ayala .... 8051 Mikrokontoller Programming and Aplication.
- Ibnu Malik, M. 1997. Bereksperimen dengan Mikrokontroler 8031. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Nalwan Paulus Andi. 2003. Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Agfianto Eko Putra, 2003. Belajar Mikrokontroler AT89C51/52. Yogyakarta: Penerbit Gava Media.
- National Data Acquisition Data Book. 1995. ...., Atmel Microcontroller Data Book, Atmel Corporation. 2000  
....., [www.Fairchildsemi.com](http://www.Fairchildsemi.com)  
....., [www.Semiconductor.com](http://www.Semiconductor.com)